

**Мехатронні системи і комп'ютерні технології**  
Електротехніка та електроніка



УДК 621.314.26

## БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ТРИФАЗНИЙ МЕРЕЖЕВИЙ ІНВЕРТОР ДЛЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Студ. Б.В. Солонуха, гр. МгМЕ-18  
Науковий керівник проф. О.О. Шавьолкін  
Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета і завдання.** Метою роботи є удосконалення трифазного мережевого автономного інвертору напруги (АІН) для комбінованих систем електроживлення (КСЕ) шляхом забезпечення якості струму в точці підключення до розподільчої мережі (РМ) практично у всьому діапазоні його змінювання без погіршення ККД.

Для досягнення мети вирішені наступні завдання:

- Розроблена структура системи керування для реалізації запропонованих рішень;
- Розроблена математична модель з блоком визначення втрат потужності в ключах АІН.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є електромагнітні процеси у схемі трифазного мережевого інвертора. Предметом дослідження є принципи реалізації системи керування.

**Методи та засоби дослідження.** Методи теорії електричних кіл, розкладання в ряд Фур'є, елементи теорії автоматичного регулювання, методи математичного та комп'ютерного моделювання.

**Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.** Встановлено залежність відхилення струму АІН від заданого значення відповідно напруги на вході АІН, частоти модуляції, індуктивності реактору, що дозволяє у разі використання релейного регулятора струму (РРС) з регульованим відхиленням виключити похибку формування струму АІН за практично постійної частоти перемикачів ключів. Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці математичної моделі для зіставлення показників інвертора за різного типу навантаження.

**Результати дослідження.** Робота АІН в режимі джерела струму паралельно з РМ, напруга якої  $U_1$ , передбачає, що напруга на вході АІН  $U = aU_{1m}$  ( $a > 1$ ) [2]. Швидкість змінювання вихідного струму АІН ( $i_C$ )  $di_C/dt$  повинна перевищувати максимальне значення швидкості змінювання завдання струму  $di_{CЗад}/dt$ . У разі формування синусоїдального струму максимальне значення  $(di_{CЗад}/dt)_{MAX} = \omega I_{CmMAX}$ . Структура силових кіл мережевого АІН на базі трифазної мостової схеми (рис.1) містить фотоелектричні сонячні батареї (СБ) з перетворювачами напруги (ПН) на вході АІН. АІН підключається до мережі  $G$  з фазною напругою  $u_1 = U_{1\phi m} \sin \omega t$  і навантаження (Н) через реактори  $L$  і ємнісний фільтр  $C_\phi$  з незначними резисторами  $R_\phi$  (знижує добротність фільтру і має антирезонансну дію). Типовим нелінійним навантаженням для локальних об'єктів є некеровані випрямлячі, які споживають струм  $i_B$  імпульсної форми. За цього на інтервалах часу провідності діодів у завданні струму АІН, що визначається з урахуванням струму навантаження маємо відповідне  $i_B$  спотворення форми (коли похідна завдання струму  $i^*_C$  змінюється стрибком), яке не може бути відпрацьовано АІН без похибки. Таким чином, маємо збурення за сигналом керування. Наявність цієї похибки в струмі АІН призводить до погіршення гармонійного складу струму мережі, що унеможливорює забезпечення його відповідності стандартам за значень  $I_{1m} \leq 0.25 I_{CmMAX}$ . Виключення похибки у разі ШІМ можливо використанням компенсуючих зв'язків або складних регуляторів [1]. Ефективним засобом виключення похибки відпрацьовування струму КРС є використання релейного регулятора струму [3]. Недоліком за цього є змінна частота модуляції, що ускладнює вихідний фільтр і призводить до

виникнення «брижі» у струмі після фільтру. Якщо змінювати задане значення відхилення  $\delta$  для РРС згідно залежності  $\delta(t) = \frac{aU_{1\Phi m}}{4Lf_M} \frac{(a^2 - \sin^2 \omega t)}{a^2}$  можна підтримувати значення частоти

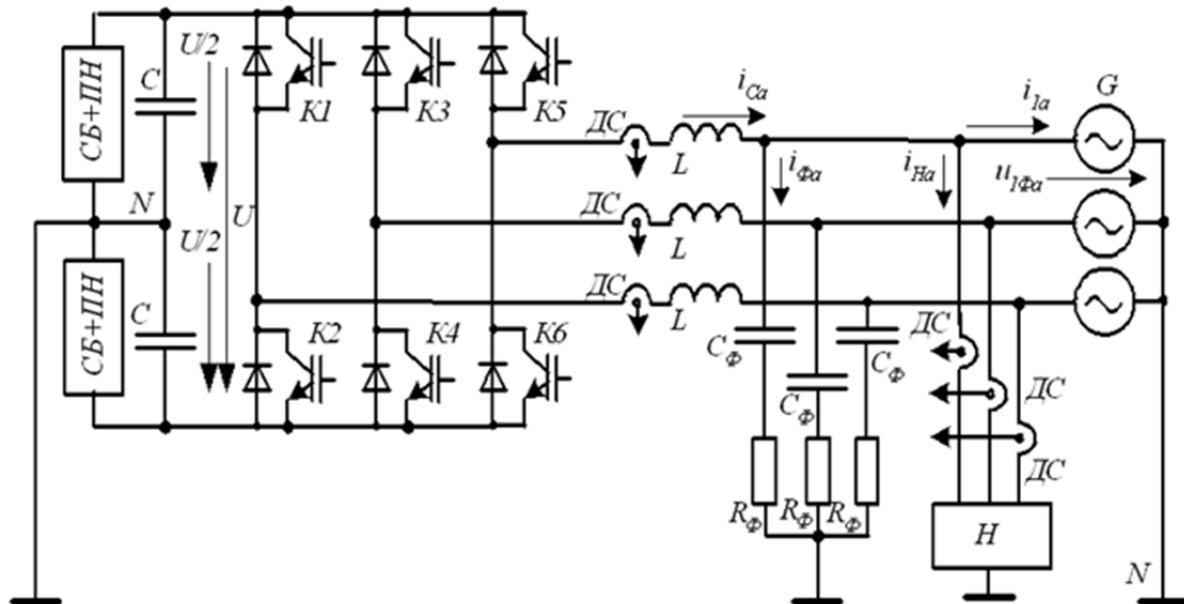


Рисунок 1 – Структура силових кіл перетворювального агрегату

перемикання ключів АІН постійним. IGBT мають значні втрати потужності на перемикання, особливо, це стосується приладів на напругу 1700 В. Виходячи з цього для забезпечення придатного ККД АІН частоту модуляції слід обмежувати достатнім значенням, яке забезпечить гармонійний склад струму мережі на рівні стандартів у максимально можливому діапазоні його значень.

**Висновки.** Запропоноване рішення з використанням трифазного мостового інвертора з ємнісним ділянником напруги у вхідному колі та з'єднанням середнього виводу ділячника з нейтраллю мережі незалежно від характеру навантаження дозволяє забезпечити THD струму в точці підключення до РМ не гірше 4% у діапазоні змінювання струму від 1.0 до 0.07 від його максимального значення без суттєвого зниження ККД інвертора. За цього у разі незбалансованого і нелінійного навантаження забезпечується симетрія завантаження фаз мережі за струмом при відсутності струму у нейтралі мережі. Показано, що за частоти модуляції від 15.1 кГц до 8 кГц у разі змінювання її згідно амплітуді струму мережі значення  $THDi \leq 4\%$ . За цього у разі постійного навантаження ККД змінюється від 0.977 до 0.963

**Ключові слова.** Мережевий інвертор, силовий активний фільтр, коефіцієнт гармонік, релейний регулятор струму, математична модель, моделювання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Zheng Zeng, Huan Yang, Rongxiang Zhao, Chong Cheng. Topologies and control strategies of multi-functional grid-connected inverters for power quality enhancement: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24 (2013), Pp.223–270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.033>.
2. О.О. Шавьолкін, Б.В. Солонуха. Трифазний перетворювальний агрегат для комбінованих систем електроживлення локальних об'єктів з фотоелектричною сонячною батареєю // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика» №1(18), 2017, с.45 - 53.
3. Шавьолкін О.О. Енергетична електроніка: навч. посібник.- К.: КНУТД, 2017. – 396 с.